

VII Всероссийская научно-практическая конференция для студентов и учащейся молодежи  
«Прогрессивные технологии и экономика в машиностроении»

## СПОСОБЫ СВАРКИ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЕ ГЛУБОКОЕ ПРОПЛАВЛЕНИЕ

*Э.К. Габитов, Р.К. Садыров, студенты группы 10А42*

*научный руководитель Крампит М.А.*

*Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского*

*Томского политехнического университета*

*652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26*

Одним из путей развития сварки является повышение производительности и уменьшение экономических затрат как на сам процесс сварки, так и на предварительную подготовку свариваемых деталей. Если рассматривать сварку с полным проплавлением, то уже для толщин от 3-5 мм рекомендуется применять скос кромок, что очень сильно увеличивает трудоемкость изготовления изделия и его конечную стоимость. Также большой объем наплавленного металла приводит к деформациям и повышению зоны термического влияния, что приводит к ухудшению эксплуатационных свойств свариваемого изделия.

Цель данной работы – рассмотреть способы, позволяющие увеличить глубину проплавления металла.

**Ручная дуговая сварка с глубоким проплавлением.** Одним из способов повышения производительности дуговой сварки является уменьшение объема наплавленного металла на единицу длины шва. Этот способ положен в основу сварки с глубоким проплавлением. Необходимая прочность соединения обеспечивается глубиной проплавления свариваемых деталей. Объем наплавленного металла шва с глубоким проплавлением меньше, чем обычного шва. На такой шов расходуется меньше электроэнергии и электродов, так как он образуется за счет большей доли основного расплавленного металла. Способ сварки с глубоким проплавлением разработан инженерами А. Д. Бондаренко и А. С. Чесноковым и нашел широкое применение в практике сварки, особенно при изготовлении строительных конструкций, тонкостенных резервуаров, корпусов судов и других изделий из стали толщиной 4—12 мм. Глубина проплавления увеличивается с увеличением тока. Повышение тока на 50А увеличивает глубину проплавления в среднем на 1 мм.

Высокопроизводительный способ ручной дуговой сварки с глубоким проплавлением также часто называют "сварка методом опирания". Данный способ сварки позволяет увеличить производительность за счёт уменьшения объёма наплавленного металла. Короткая электрическая дуга и высокая концентрация теплоты в зоне сварки позволяют гораздо глубже проплавить основной металл [1].

**Импульсно-дуговая сварка.** Сущность импульсно-дуговой сварки состоит в том, что сварочный ток в зону дуги подается кратковременными импульсами. Этот способ сварки может применяться при использовании как плавящегося, так и неплавящегося электрода. В результате подачи импульсов тока капля жидкого металла отрывается от электрода и как бы стремительно летит вперед по направлению к оси электрода, вследствие чего упорядочивается перенос металла в сварочной дуге, улучшается формирование шва, возрастает глубина проплавления основного металла и улучшаются условия сварки в вертикальном и потолочном положениях. Применение импульсно-дуговой сварки особенно важно при наложении корневого слоя, так как в этом случае обеспечивается стабильный провар свариваемых кромок без прожогов. Импульсно-дуговую сварку эффективно используют при монтаже трубопроводов ответственного назначения. Применение этого вида сварки позволяет получать сварные швы, имеющие 100%-ный провар в корне шва и хорошо сформированный обратный валик. Наличие хорошего обратного валика является показателем высокой прочности сварного соединения.

Для высокого проплавления основного металла хорошо зарекомендовала себя импульсно-дуговая сварка сжатой, короткой дугой. Форсированная дуга имеет преимущество перед дугой со струйным переносом: глубокое проплавление благодаря увеличенному давлению дуги на ванну. К примеру, процесс SpeedArc (Lorch) [2] нацелен на повышение качества сварных соединений из толстолистового металла, связанного с обеспечением гарантированного проплавления в корне шва, а также MIG/MAG сварки в узкую разделку. Благодаря высокому плазменному давлению в дуге обеспечивается более глубокое проплавление. При этом снижается тепловложение в основной металл и снижается вероятность возникновения таких дефектов, как подрезы. Процесс короткой сфокусированной дугой с короткими замыканиями позволяют добиться сниженного разбрызгивания, глубокого проплавления и увеличения скорости сварки без потери качества сварных соединений. Процесс сварки короткой дугой с короткими замыканиями применяется в областях сварки толстолистового металла, корневых швов, в узкую разделку и в сварке легированных сталей и сплавов [3].

Данным способом в лаборатории ЮТИ ТПУ была произведена сварка тавра с толщиной стенок 12 мм с полным проплавлением без скола кромок [4].

**Лазерная сварка.** Использование сфокусированного лазерного луча для сварки металлов позволяет значительно расширить технологические возможности сварочных процессов, повысить их производительность и улучшить качество получаемых сварных соединений. Высокая сложность процессов лазерной сварки создает сложности в выборе режимов процесса с использованием технологических экспериментов. Замена экспериментов компьютерным моделированием невозможна без точной и адекватной математической модели. При лазерной сварке с глубоким проплавлением задача о распределении мощности падающего излучения состоит из двух независимых частей. Первая связана с определением коэффициента поглощения в интервале температур близком к температуре кипения и в интервале углов встречи. Вторая это определение распределения поглощенной мощности по поверхности канала с учетом переотражения излучения от стенок. Лазерная сварка с глубоким проплавлением может быть со сквозным проплавлением (например, сварка листовых ненагруженных конструкций) и с несквозным проплавлением (например, при соединении тонких деталей с массивными). Эффективность сварки с глубоким проплавлением повышается при совместном действии лазерного излучения и другого, менее дорогостоящего источника нагрева, например электрической дуги или магнитного поля. Суммарный эффект такого воздействия выше, чем сумма эффектов воздействия каждого источника независимо друг от друга. В этом случае возможно применение менее мощного лазера или повышение скорости обработки [5].

**Гибридные методы сварки.** Гибридные методы сочетают лазерную сварку с другими методами. Подходящими технологиями для комбинирования являются дуговая сварка плавящимся электродом в среде инертного или активного газа, дуговая сварка вольфрамовым электродом в среде инертного газа и плазменная сварка. Лазер обеспечивает подачу энергии высокой плотности для выполнения глубоких швов. Метод, названный лазерно-гибридной сваркой убеждает, во-первых, хорошим перекрытием зазора и простой подготовкой шва сварки MIG-/MAG, во-вторых, обладает преимуществами лазерной сварки, такими как концентрированное внесение тепла, большая глубина сваривания и высокая скорость сварки. Как только лазерный луч попадает на поверхность изделия, он нагревает соответствующую область до температуры испарения. В результате – глубокое проплавление с желаемым эффектом глубокого, узкого провара. В процессе лазерно-гибридной сварки потребность в дорогой лазерной энергии ограничивается почти исключительно этим так называемым эффектом глубокой сварки. Оставшуюся потребность в энергии покрывает более экономный процесс MIG-/MAG. Так как обе составляющие метода концентрируют свою энергию на одной и той же зоне процесса, значительно увеличиваются глубина и скорость сварки в сравнении с каждым из этих методов в отдельности.

Лазерно-гибридная сварка интересна для отраслей, где капитальные затраты быстро амортизируются благодаря большому количеству свариваемых деталей. Следует упомянуть, прежде всего, автомобильную промышленность и ее поставщиков, а также, например, производство резервуаров, строительство трубопроводов и магистральных трубопроводов. Метод лазерно-гибридной сварки подходит для широкого спектра материалов и толщин листов. Для разнообразных использований алюминия лазерно-гибридная сварка оказывается предпочтительной, прежде всего там, где допуски деталей и затраты на подготовку для лазерной сварки являются слишком большими. Также нужно отметить как положительную сторону относительно небольшое внесение тепла метода лазерно-гибридной сварки. Во-первых, особенно высокопрочные материалы практически не теряют прочности, во-вторых, малая деформация обеспечивает высокую точность деталей [6].

Вывод: Для обеспечения глубокого проплавления необходимо применение концентрированных источников теплоты с одновременным уменьшением объема наплавленного металла. Одним из самых концентрированных источников теплоты является лазерный луч, но для лазерной сварки требуется высокое качество подготовки свариваемой поверхности. Также велика цена такой сварочной установки, а процесс сварки требует большого количества энергии. Ручная дуговая сварка редко применяется в машиностроении в связи с невысокой производительностью процесса. И лишь импульсно-дуговая сварка сочетает в себе относительно невысокую стоимость оборудования, возможность сварки больших толщин, высокую производительность сварки.

Литература.

1. <http://mash-xxl.info/info/270580/> (дата обращения: 27.02.2016)

2. <http://www.shtorm-lorch.ru/rus/info/tech/speedarc.php> (дата обращения: 27.02.2016)
3. Крампит А. Г. , Зернин Е. А. , Крампит М. А. Современные способы импульсно-дуговой MIG/MAG сварки // Технологии и материалы. - 2015 - №. 1. - С. 4-11
4. Зернин Е. А. , Крампит А. Г. , Крампит М. А. , Чернов А. С. Исследование процесса формирования сварного шва с полным проплавлением при импульсно-дуговой сварке тавровых соединений // Технологии и материалы. - 2015 - №. 2. - С. 28-33
5. Лопота В.А., Сухов Ю.Т., Туричин Г.А. Модель лазерной сварки с глубоким проплавлением для применения в технологи // Известия академии наук, сер. Физическая – 1997 - т. 61, n 8 – с. 1613-1618.
6. [http://www.fronius.com/cps/fronius\\_ukraine/2510\\_6080.htm](http://www.fronius.com/cps/fronius_ukraine/2510_6080.htm) (дата обращения: 27.02.2016)

### **ПОВЫШЕНИЕ ПРЕСТИЖА ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННОЙ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ СВАРОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

*Д.Е. Гусаров, студент группы 10А42,  
научный руководитель: Зернин Е.А.*

*Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского  
Томского политехнического университета  
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26*

С целью повышение престижа практико-ориентированной подготовки специалистов сварочного производства, выявление и поощрение специалистов-сварщиков и специалистов сварочного производства, обладающих выдающимися профессиональными знаниями и навыками на сегодняшний день в России проводится много разных конкурсов, олимпиад и соревнований между студентами. Кроме конкурсов также проводятся и выставки способствующие развитию и внедрению на производство новейших сварочных технологий, оборудования и материалов, продвижению наиболее высококачественной, конкурентоспособной и энергосберегающей сварочной продукции.

В ЮТИ ТПУ кафедра сварочного производства проводит ежегодную открытую олимпиаду по практическим навыкам и теоретическим знаниям в области сварочного производства среди студентов. Так же проводится открытая олимпиада среди студентов «Мой первый опыт профессионального мастерства» в номинациях «Механизированная дуговая сварка в защитном газе MIG/MAG» и «Ручная дуговая сварка ММА». Победители награждаются не только достойными призами в виде планшетов, но и получают дипломы, грамоты и сертификаты, которые в будущем можно вложить в личное портфолио, которое в ближайшем будущем может пригодиться для участия в конкурсе на академическую стипендию, а далее для устройства на достойную должность на производстве.

За пределами ТПУ по России проводятся следующие конкурсы.

Региональный этап Всероссийского конкурса профессионального мастерства «Лучший по профессии» в номинации «Лучший сварщик» проходил в Кемерово 9-11 июля. Его организатор — департамент промышленности, торговли и предпринимательства области.

Свое мастерство смогут показать работники промышленных предприятий, организаций коммунальной сферы и энергетики. Требования к участникам: стаж не менее трех лет работы по профессии, квалификационный разряд не ниже 5-го, представляющие организации любой организационно-правовой формы, зарегистрированные в Кемеровской области.

Конкурс предусматривает выполнение участниками практических и теоретических заданий, которые будут оцениваться по следующим номинациям:

- «Лучший молодой сварщик» (возрастная категория до 25 лет);
- «За лучшие теоретические знания»;
- «За лучшие практические результаты»;
- «Художественная сварка».

Победители и участники конкурса получают дипломы и премии коллегии администрации области: за первое место — 20 тыс. руб., за второе — 15 тыс. руб., за третье — 12 тыс. руб.

С 23 по 25 сентября 2015 г. на базе ООО НПЦ «СплавТест» проходил XIII Межрегиональный конкурс профессионального мастерства сварщиков имени изобретателя электродуговой сварки Н.Н. Бенардоса.

Конкурс был организован ООО НПЦ «СплавТест», ООО АЦ «Сплав» (г. Иваново) и НП «НАЦПРОМСВАР» (г. Москва) при активной поддержке Администрации Ивановской области.